

平成30年度土木学会田中賞作品部門(技術)候補

吊橋ケーブル送気乾燥システム



明石海峡大橋(平成10年適用)



レインボーブリッジ(平成28年適用)

本州四国連絡高速道路(株)

日鉄エンジニアリング(株)

(株)神戸製鋼所

(株)ブリッジ・エンジニアリング



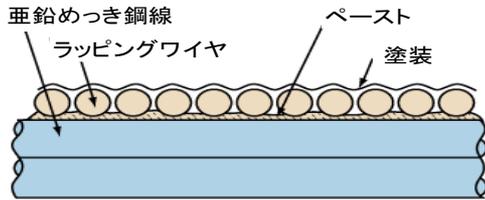
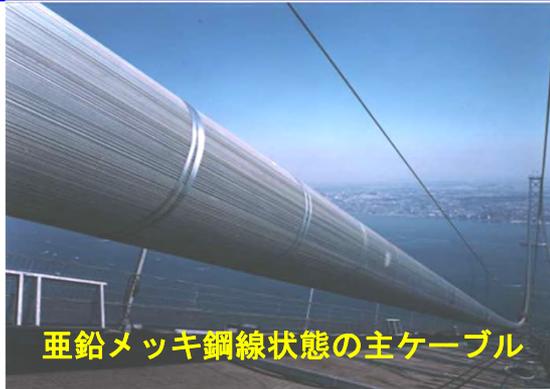
概 要

1. 吊橋ケーブル送気乾燥システムの概要
2. レインボーブリッジへの導入
3. ケーブル送気システムの特徴
4. ケーブル送気システムの有効性確認
5. ケーブル送気システム導入後の課題と対応
6. ケーブル送気システムの導入状況

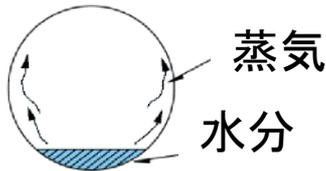
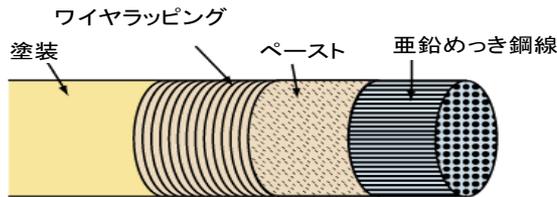


1. 吊橋ケーブル送気乾燥システムの概要

<導入経緯>



ラッピングシステムの断面



従来の防食システム

因島大橋ケーブル開放調査 (H1供用6年後 東中央径間)

- ケーブル内に水分が存在。
- ペーストが劣化し保水。
- 表面から2～3層まで赤錆が発生。
- 腐食は架設の早い段階から始まっている。
- 従来工法では、ケーブル内部まで保護できない。



1. 吊橋ケーブル送気乾燥システムの概要

<導入経緯>



ケーブル素線の破断事例
(英国の吊橋: 完成後40年)

出展:
Bridge Engineering 161 Issue BE3
Forth Road Bridge- maintenance and remedial works

• 従来工法では、ケーブル内部の腐食を防げない

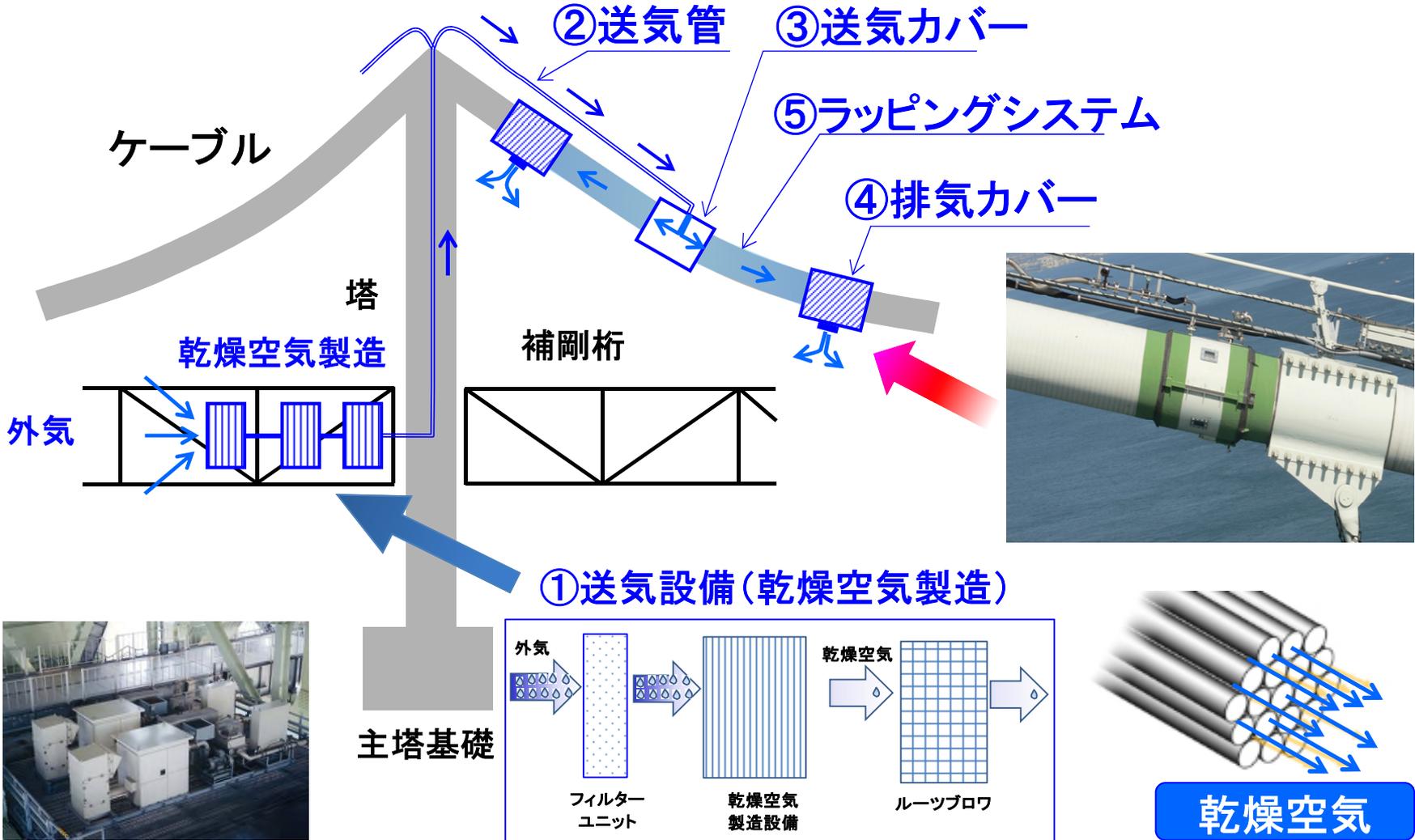


※新たなケーブル防食システムの開発が必要

1. 吊橋ケーブル送気システムの概要

<送気システムの構成>

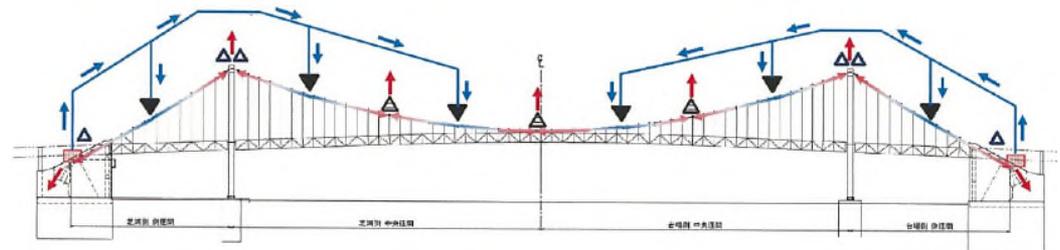
- 鋼線は湿度60%以下では腐食しないことを実験で確認
- 「ケーブル送気乾燥システム」を開発・導入し、ケーブル内を湿度40%以下で管理



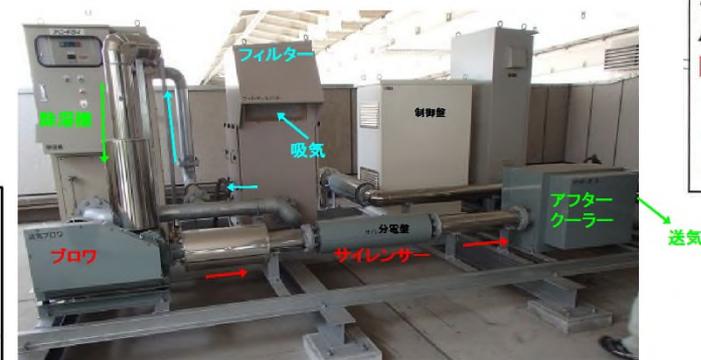
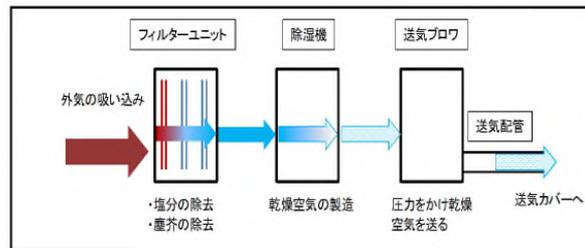
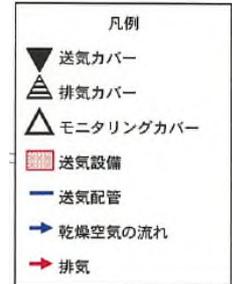
2. レインボーブリッジへの導入

・レインボーブリッジ: 橋長798m、中央支間長570mのダブルデッキ構造の吊橋で平成5年8月に供用開始

- ① 供用からおよそ20年が経過し、主ケーブルの塗膜劣化が顕著化
- ② ケーブル内部を開放調査した結果、ケーブル内部が湿潤状態であることを確認
- ③ 主ケーブル塗装補修工事と並行して、送気システムを導入
- ④ 送気システムの導入にあたり、本四高速が技術協力
- ⑤ 平成25年5月の試験稼働を経て、平成28年5月にシステム全体が完成



レインボーブリッジケーブル送気乾燥システム配置

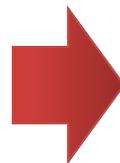
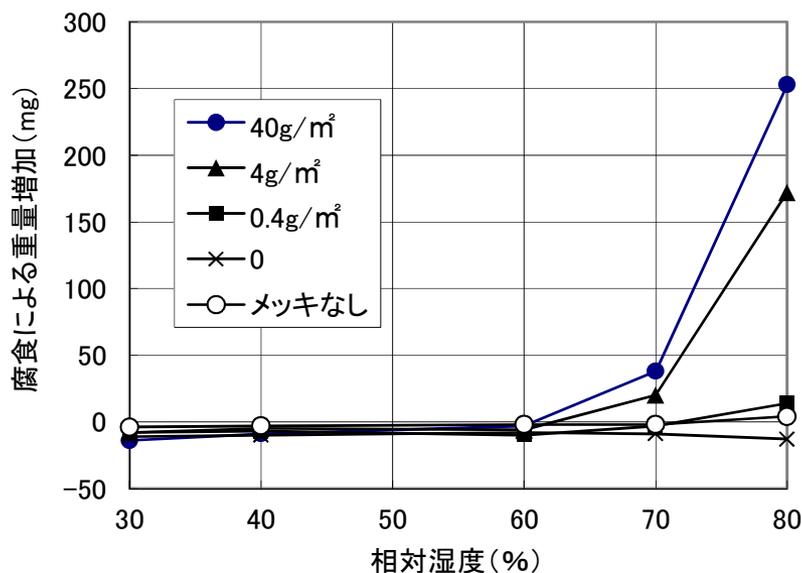


レインボーブリッジのケーブル送気設備

3. ケーブル送気システムの特徴

<管理目標値の設定：亜鉛メッキ鋼線の腐食と相対湿度の関係>

- 一般的に鋼や亜鉛が腐食しない臨界相対湿度は50～70%。
- 亜鉛メッキ鋼線の腐食速度の室内試験結果より、
 - **相対湿度60%以下**ではほとんど腐食が進行しない。
 - 付着塩分量の増加に伴い腐食が進行するため、**除塩対策**が必要。



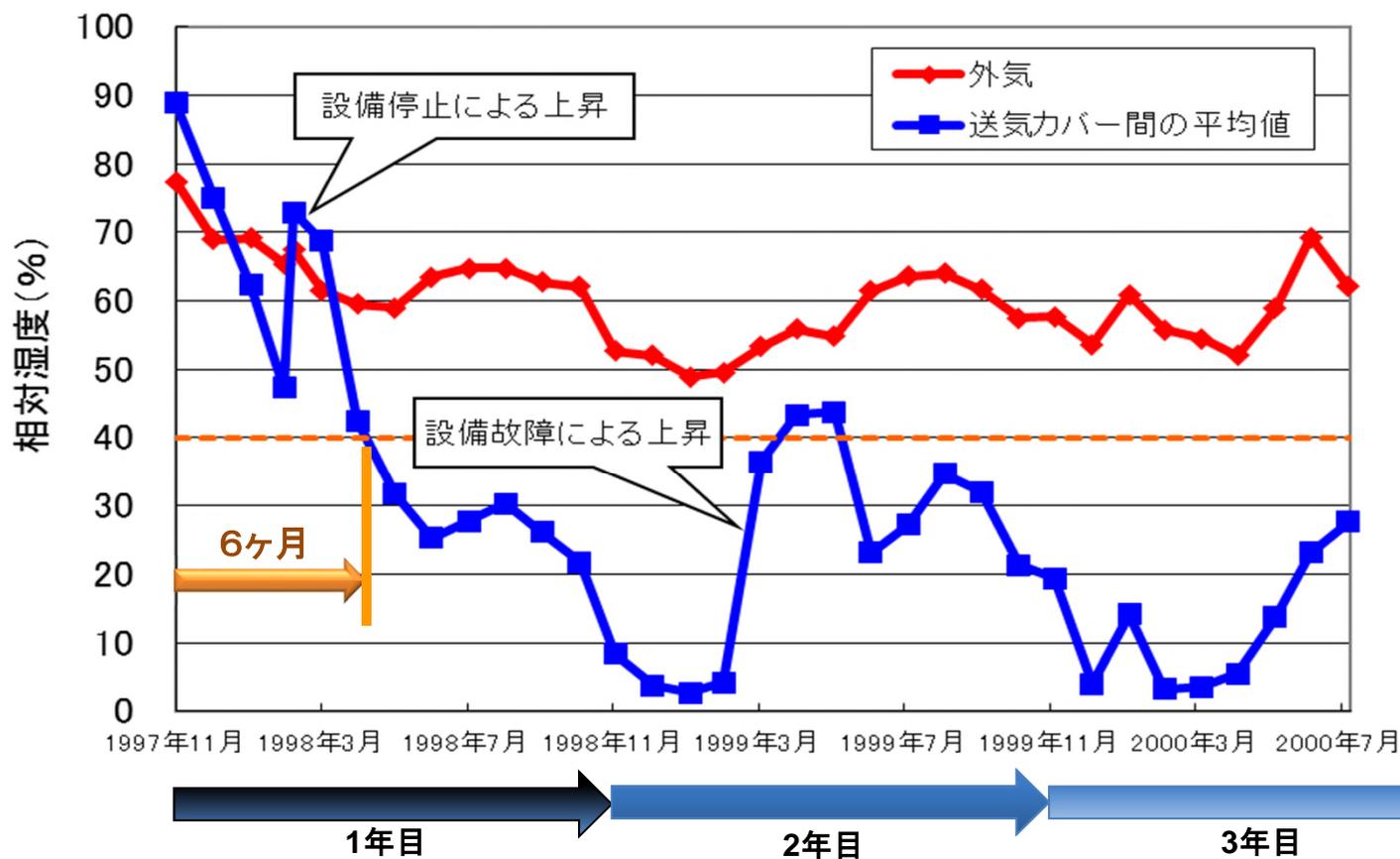
- ・ケーブル管理目標値
相対湿度40%以下
部材の重要度や健全性を目視
によって直接的に確認できな
い等による
- ・アンカレイジ部管理目標値
相対湿度50%以下
鋼線の状況を直接目視で確認
できる

塩分量による腐食限界湿度試験結果



3. ケーブル送気システムの特徴

＜送気システム稼働初期の相対湿度の変化：明石海峡大橋＞

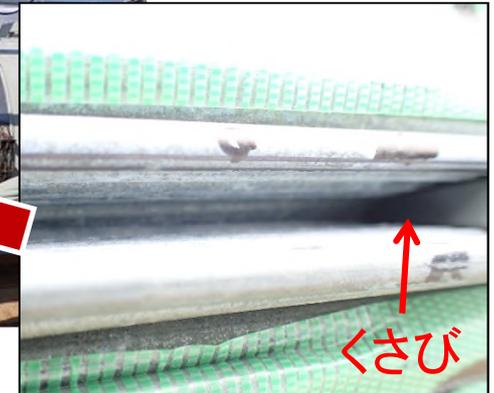
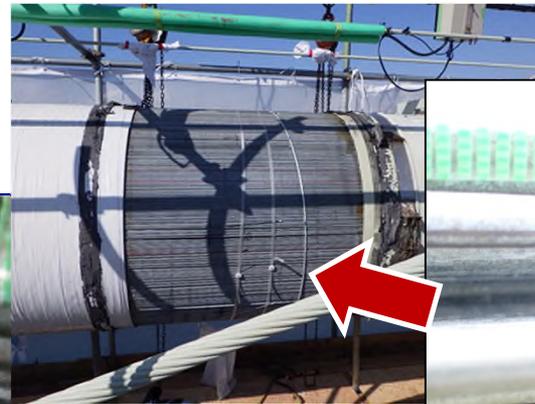
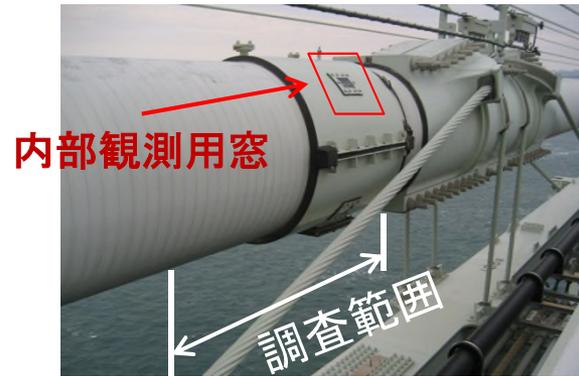


明石海峡大橋送気システムの稼働開始からの湿度変化

- ケーブル内部の相対湿度は、送気開始から徐々に低下
- 新設橋梁で6～8ヶ月、既設橋梁で1年3～6ヶ月で湿度は安定



4. ケーブル送気システムの有効性の確認 <ケーブル開放調査:明石海峡大橋 西側中央>



- ・ケーブル内滞水無し
- ・建設10年後でもワイヤーは健全

- ・ケーブル内滞水無し
- ・建設20年後でもワイヤーは健全

※20年経過も健全な状態を確保

①明石海峡大橋(2008年2月調査)

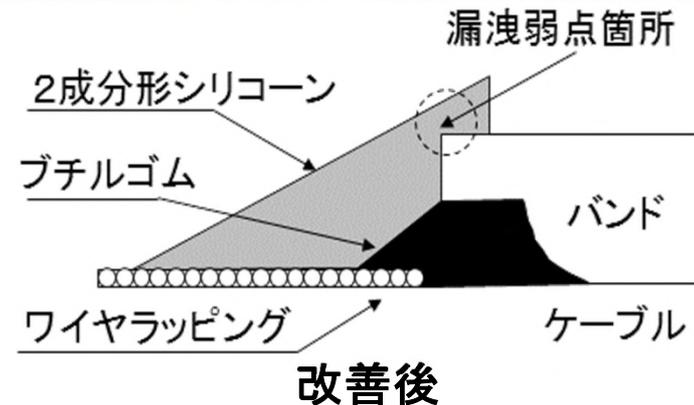
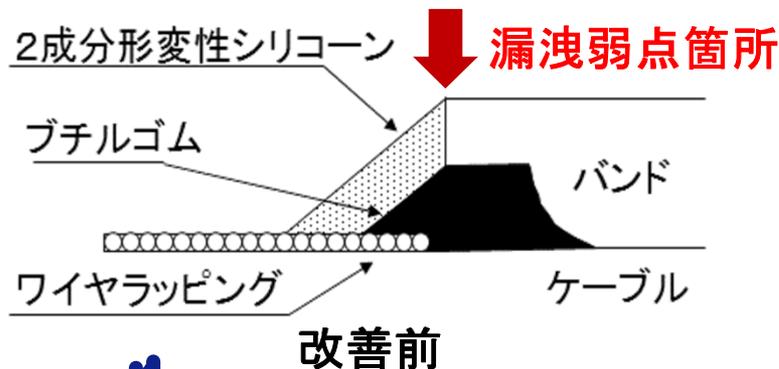
②明石海峡大橋(2018年11月調査)

5. ケーブル送気システム導入後の課題と対応

<気密化>

気密化：ケーブルバンド等からの空気漏れを防止する対策

- ・ 材料変更：2成分形変成シリコーン→2成分形シリコーン
- ・ シール構造を見直して空気漏れを防止



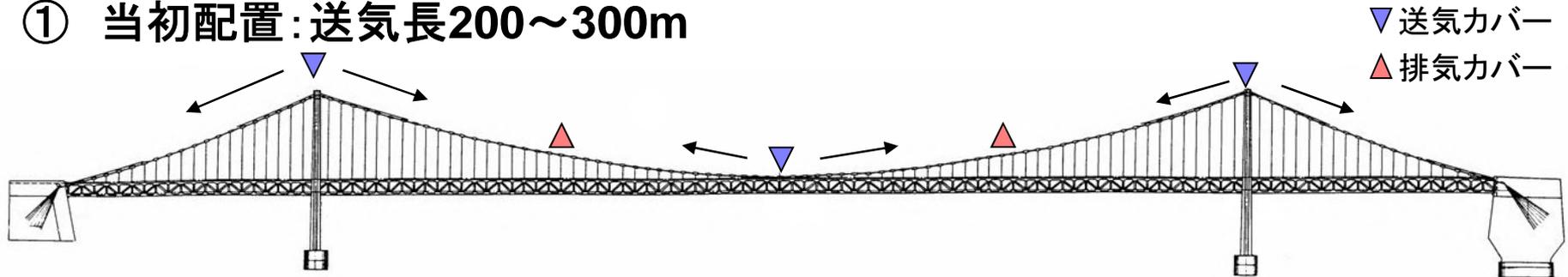
5. ケーブル送気システム導入後の課題と対応

<送気延長の見直し>

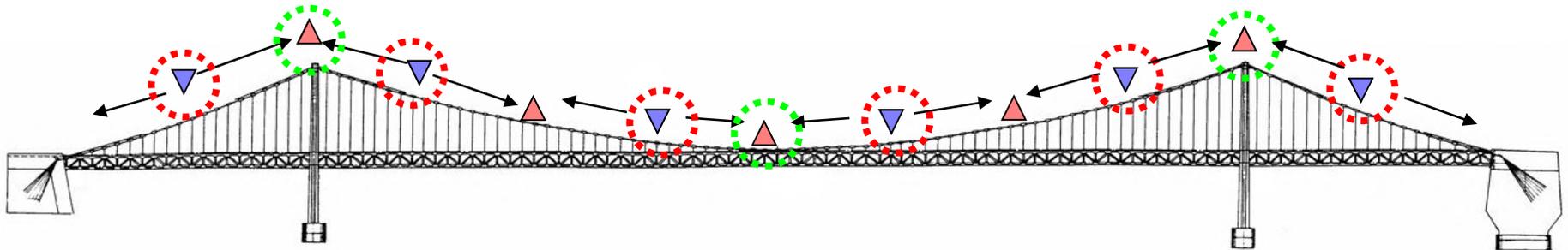
送気延長の見直し：瀬戸大橋での事例

※送・排気カバーを増設し、送気延長を短縮して湿度環境を改善

① 当初配置：送気長200～300m



② 増設後配置：送気長100～150m



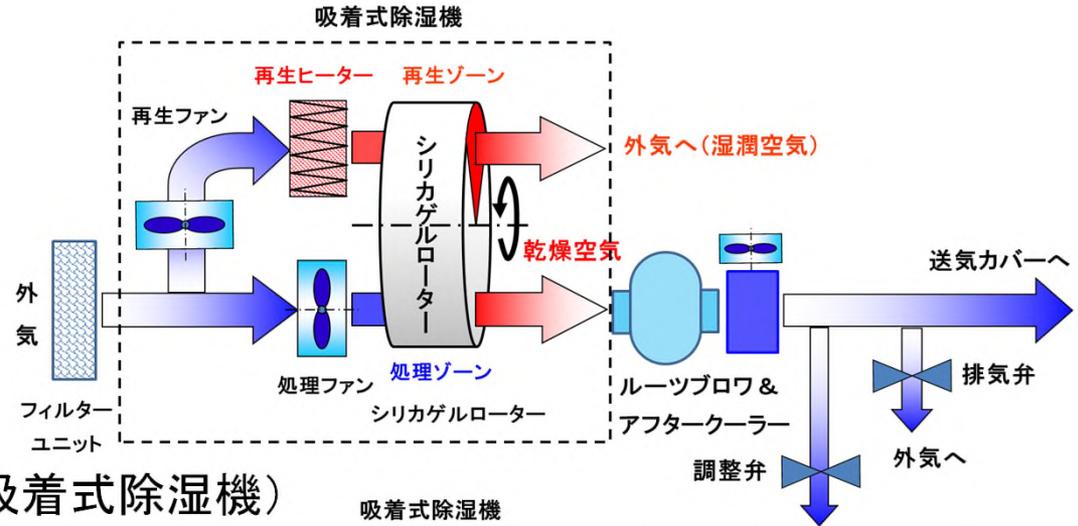
※排気カバー一部の送気圧力が増加し、ケーブル内に送られる乾燥空気の損失が減少し、送気量を確保

○ 増設送気カバー
○ 増設排気カバー

5. ケーブル送気システム導入後の課題と対応

<送気設備の経済化運転>

①当初(吸着式除湿機)



②改造後(再循環+冷却式除湿機+吸着式除湿機)

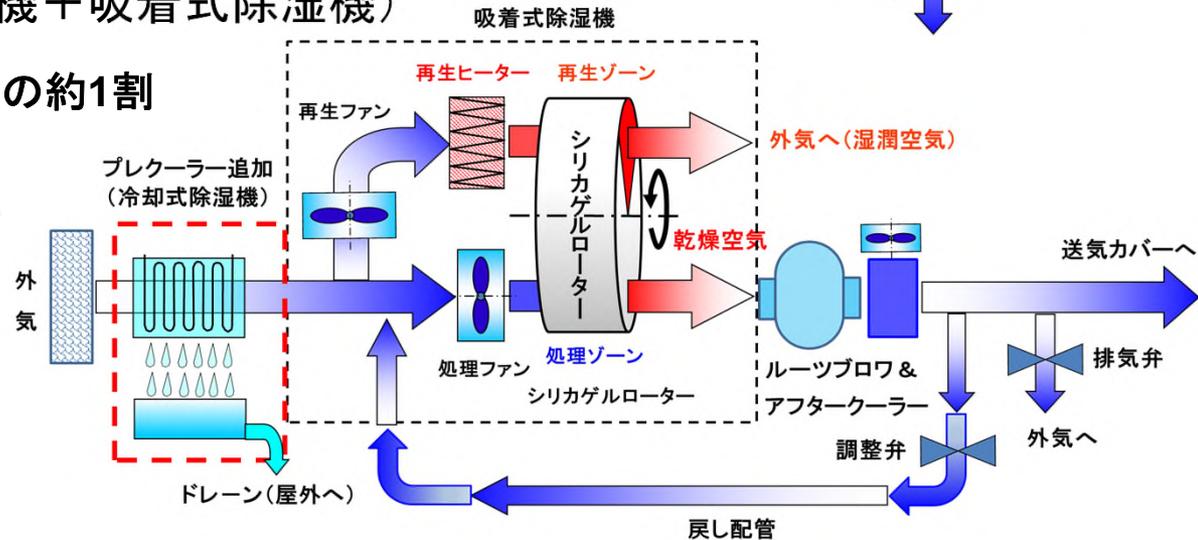
- 冷却式の電気使用量は、吸着式の約1割



- プレクーラー(冷却式除湿機)追加
- 吸着式除湿機の再生ヒーター温度を低下



- 経済化運転



6. ケーブル送気システムの導入状況

- 明石海峡大橋及び来島海峡大橋は**建設時より導入**、その他の吊橋についても**保全工事**で順次導入。また、国内外の長大吊橋にも採用され、実質**世界標準**になっています。

	2000	2005	2010	2015	備考
本四高速	1997▼明石海峡大橋(1998) 1997～▼大鳴門橋(1985) 1999▼下津井瀬戸大橋(1988) 1998～▼北備讃瀬戸大橋(1988) 1999▼南備讃瀬戸大橋(1988) 1998▼因島大橋(1983) 1998▼大島大橋(1988) 1999▼来島海峡第一、第二、第三大橋(1999)				凡例 ▼: 建設時より導入 ▲: 追加導入 ()内は供用年
国内橋梁	1998▼白鳥大橋 2000▼安芸灘大橋	2007▼平戸大橋 2008▼豊島大橋		2016▼レインボーブリッジ	関門橋 導入中 (2014-2019)
海外橋梁	2000▼永宗大橋(韓国)	2004▼アキテーヌ橋(仏:1967) 2005▼リトルベルト橋(デンマーク:1970) 2005▼ヘガクステン橋(スウェーデン:1997) 2005▼潤楊長江大橋(中国)	2009▼フォース道路橋(英:1964) 2010▼セバーン橋(英:1966) 2011▼ハンバー橋(英:1981)	2015▼グレートベルト東橋(デンマーク:1998) 2015▼第一ボスポラス橋(トルコ:1973) 2015▼第二ボスポラス橋(トルコ:1988) 2016▼第三ボスポラス橋(トルコ) 2013▼ハルダンゲル橋(ノルウェー) 2017▼マタディ橋(コンゴ:1983) 2015▼チェサピークベイ橋(米:1952) 2018▼デラウェアメモリアル橋(米:1951)	

END

